



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107944444 A

(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201711166666.4

(22)申请日 2017.11.21

(71)申请人 北京化工大学

地址 100020 北京市朝阳区北三环东路15
号北京化工大学

(72)发明人 李伟 邓潇雅

(74)专利代理机构 北京细软智谷知识产权代理
有限责任公司 11471
代理人 韩国强

(51)Int.Cl.

G06K 9/32(2006.01)

G06K 9/34(2006.01)

G06K 9/46(2006.01)

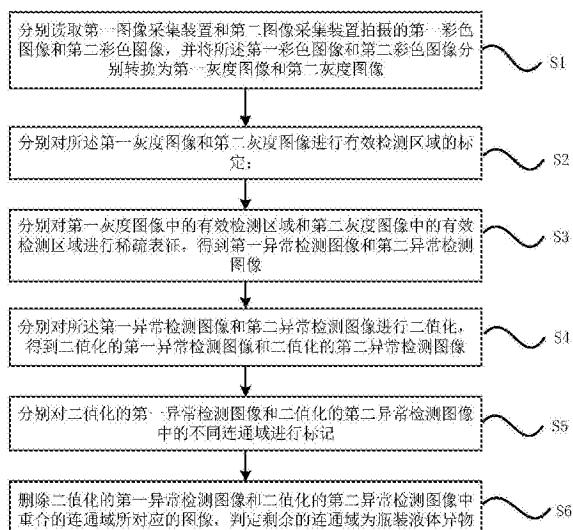
权利要求书4页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

一种瓶装液体异物检测方法及系统

(57)摘要

本发明提供了一种瓶装液体异物检测方法及系统,该方法在进入生产线前将瓶装液体进行倒置,在生产线上两个不同位置放置两台图像采集装置对相同区域进行成像,基于稀疏表征的方法对采集的图像中的异常进行检测。本发明提供的技术方案,能将异常从复杂的背景完整地检测出来,抗噪性能好,更加利于实际生产中复杂、干扰大的环境。本发明采用的基于稀疏表征的序列图像瓶装液体异物检测精度高,抗噪性好,且对设备要求不高,降低了检测系统的成本,为生产线上瓶装液体异物检测自动化的实现提供了技术支持。



1. 一种瓶装液体异物检测方法,其特征在于,在生产线的不同位置分别设置第一图像采集装置和第二图像采集装置后,执行以下步骤:

步骤S1、分别读取第一图像采集装置和第二图像采集装置拍摄的第一彩色图像和第二彩色图像,并将所述第一彩色图像和第二彩色图像分别转换为第一灰度图像和第二灰度图像;其中,所述第一彩色图像和第二彩色图像为生产线上同一倒置瓶装液体在不同时刻的彩色图像;

步骤S2、分别对所述第一灰度图像和第二灰度图像进行有效检测区域的标定;

步骤S3、分别对第一灰度图像中的有效检测区域和第二灰度图像中的有效检测区域进行稀疏表征,得到第一异常检测图像和第二异常检测图像;

步骤S4、分别对所述第一异常检测图像和第二异常检测图像进行二值化,得到二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像;

步骤S5、分别对二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中的不同连通域进行标记;

步骤S6、删除二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中重合的连通域所对应的图像,判定剩余的连通域为瓶装液体异物。

2. 根据权利要求1所述的瓶装液体异物检测方法,其特征在于,所述步骤S2包括:

步骤S21、将灰度图像 H_i 按列等分为两个子灰度图像 H_{i1} 和 H_{i2} ,其中, $i=1,2$, $i=1$ 时, H_1 为第一灰度图像; $i=2$ 时, H_2 为第二灰度图像;

步骤S22、根据公式 $S_{i1}(l) = \sum_{m=0}^{\frac{n}{2}-1} I(m, l)$ 计算子灰度图像 H_{i1} 的每列像素灰度值 $S_{i1}(l)$,

根据公式 $S_{i2}(l) = \sum_{m=\frac{n}{2}}^{n-1} I(m, l)$ 计算 H_{i2} 的每列像素灰度值 $S_{i2}(l)$;

其中, m 为灰度图像 H_i 像素的总行数, $m \geq 1$,为正整数; n 为灰度图像 H_i 像素的总列数, $n \geq 2$,为正整数; $I(m, l)$ 为第 m 行第 l 列像素的灰度值;

步骤S23、求 $S_{i1}(l)$ 的最小值 $\min S_{i1}(l)$ 和 $S_{i2}(l)$ 的最小值 $\min S_{i2}(l)$,并将 $\min S_{i1}(l)$ 所在的列和 $\min S_{i2}(l)$ 所在的列之间的区域标定为有效检测区域。

3. 根据权利要求2所述的瓶装液体异物检测方法,其特征在于,所述步骤S3包括:

步骤S31、将有效检测区域所对应的灰度图像 H_i 转换为二维矩阵 X_i ;

步骤S32、将二维矩阵 X_i 近似分解为低秩矩阵 L_i 与稀疏矩阵 S_i 之和: $X_i \sim L_i + S_i$, $\text{rank}(L_i) \leq r$, $\text{rank}(S_i) \leq k$;其中, $\text{rank}(L_i)$ 为低秩矩阵 L_i 的秩, r 为 $\text{rank}(L_i)$ 的最大值; $\text{card}(S_i)$ 为稀疏矩阵 S_i 的非零元素的个数, k 为 $\text{card}(S_i)$ 的最大值;

步骤S33、将二维矩阵 X_i 赋值给 L_i ,将零矩阵赋值给 S_i ,以初始化低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i ;

步骤S34、计算第 t 次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2$,其中 $t \geq 1$;

步骤S35、当第 t 次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 > \epsilon$ 时,对低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i 进行更新迭代,直到 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \epsilon$;其中, ϵ 为最大允许相对分解误差, $\epsilon = \min_{L_i, S_i} \|X_i - L_i - S_i\|_F^2 / \|X\|_F^2$,s.t. $\text{rank}(L_i) \leq r$, $\text{card}(S_i) \leq k$, $\|\cdot\|_F$ 是矩阵的F范数; S_{it} 为第 t

次迭代得到的稀疏矩阵， L_{it} 为第t次迭代得到的低秩矩阵；

步骤S36、标定 $\|X - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \epsilon$ 时 S_{it} 对应的图像为异常检测图像。

4. 根据权利要求3所述的瓶装液体异物检测方法，其特征在于，所述步骤S35中，对所述低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i 进行更新迭代，具体为：

步骤S351、构造奇异值下降快的低秩矩阵 \tilde{L}_{it} ： $\tilde{L}_{it} = [(X_i - S_{it-1})(X_i - S_{it-1})^T]^q (X_i - S_{it-1})$ ；

步骤S352、利用随机矩阵 $A \in \Re^{x \times x}$ 和 $A_2 \in \Re^{y \times y}$ 对 \tilde{L}_{it} 进行投影得到 Y_1 与 Y_2 ： $Y_1 = \tilde{L}_{it} A_1, A_2 = Y_1, Y_2 = \tilde{L}_{it}^T Y_1$ ；其中， \Re^x 和 \Re^y 为实数集， x =二维矩阵 X_i 的列数， y =二维矩阵 X_i 的行数；

步骤S353、对矩阵 Y_1 与 Y_2 进行QR分解： $Y_1 = Q_1 R_1, Y_2 = Q_2 R_2$ ；

步骤S354、对低秩矩阵 \tilde{L}_{it} 进行秩为r的估计，得到低秩矩阵 L_{it} ：

$L_{it} = (\tilde{L}_{it})^{\frac{1}{2q+1}} = Q_1 [R_1 (A_2^T Y_1)^{-1} R_2^T]^{\frac{1}{2q+1}} Q_2^T$ ；其中，q为非负整数，由用户预先设定；

步骤S355、利用 L_{it} 对 S_{it} 进行更新： $S_{it} = P_\Omega(X_i - L_{it})$ 。 $P_\Omega(\cdot)$ 是指将矩阵投影到集合 Ω 上， Ω 是 $|X - L_{it}|$ 前k个最大元素组成集合的非空子集， $k \geq 1$ 。

5. 根据权利要求1所述的瓶装液体异物检测方法，其特征在于，所述步骤S4具体为：

利用固定阈值分割法，分别对所述第一异常检测图像和第二异常检测图像进行二值化，得到二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像。

6. 根据权利要求5所述的瓶装液体异物检测方法，其特征在于，所述步骤S5具体为：

分别对二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中的不同连通域进行标记，用不同的数值作为每个连通域的标记值；

根据不同的标记值依次找到二值化的第一异常检测图像中连通域所在的位置，并判断二值化的第二异常检测图像相应位置是否也存在连通域，若是，则将所述连通域所在区域标记值赋值为0，去除所述连通域。

7. 一种瓶装液体异物检测系统，其特征在于，包括设置在生产线的不同位置的第一图像采集装置和第二图像采集装置，还包括：

图像读取单元，用于分别读取第一图像采集装置和第二图像采集装置拍摄的第一彩色图像和第二彩色图像，并将所述第一彩色图像和第二彩色图像分别转换为第一灰度图像和第二灰度图像；其中，所述第一彩色图像和第二彩色图像为生产线上同一倒置瓶装液体在不同时刻的彩色图像；

检测区域标定单元，用于分别对所述第一灰度图像和第二灰度图像进行有效检测区域的标定；

稀疏表征单元，用于分别对第一灰度图像中的有效检测区域和第二灰度图像中的有效检测区域进行稀疏表征，得到第一异常检测图像和第二异常检测图像；

二值化单元，用于分别对所述第一异常检测图像和第二异常检测图像进行二值化，得到二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像；

连通域标记单元，用于分别对二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中的不同连通域进行标记；

判定单元，用于删除二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中重合

的连通域所对应的图像，判定剩余的连通域为瓶装液体异物。

8. 根据权利要求7所述的瓶装液体异物检测系统，其特征在于，所述检测区域标定单元包括：

等分单元，用于将灰度图像 H_i 按列等分为两个子灰度图像 H_{i1} 和 H_{i2} ，其中， $i=1, 2, i=1$ 时， H_1 为第一灰度图像； $i=2$ 时， H_2 为第二灰度图像；

第一计算单元，用于根据公式 $S_{i1}(l) = \sum_{m=0}^{n-1} I(m, l)$ 计算子灰度图像 H_{i1} 的每列像素灰度值 $S_{i1}(1)$ ，根据公式 $S_{i2}(l) = \sum_{m=n/2}^{n-1} I(m, l)$ 计算 H_{i2} 的每列像素灰度值 $S_{i2}(1)$ ；

其中， m 为灰度图像 H_i 像素的总行数， $m \geq 1$ ，为正整数； n 为灰度图像 H_i 像素的总列数， $n \geq 2$ ，为正整数； $I(m, 1)$ 为第 m 行第1列像素的灰度值；

第二计算单元，用于求 $S_{i1}(1)$ 的最小值 $\min S_{i1}(1)$ 和 $S_{i2}(1)$ 的最小值 $\min S_{i2}(1)$ ，并将 $\min S_{i1}(1)$ 所在的列和 $\min S_{i2}(1)$ 所在的列之间的区域标定为有效检测区域。

9. 根据权利要求8所述的瓶装液体异物检测系统，其特征在于，所述稀疏表征单元包括：

转换单元，用于将有效检测区域所对应的灰度图像 H_i 转换为二维矩阵 X_i ；

分解单元，用于将二维矩阵 X_i 近似分解为低秩矩阵 L_i 与稀疏矩阵 S_i 之和： $X_i \sim L_i + S_i$ ， $\text{rank}(L_i) \leq r$, $\text{rank}(S_i) \leq k$ ；其中， $\text{rank}(L_i)$ 为低秩矩阵 L_i 的秩， r 为 $\text{rank}(L_i)$ 的最大值； $\text{card}(S_i)$ 为稀疏矩阵 S_i 的非零元素的个数， k 为 $\text{card}(S_i)$ 的最大值；

赋值单元，用于将二维矩阵 X_i 赋值给 L_i ，将零矩阵赋值给 S_i ，以初始化低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i ；

第三计算单元，用于计算第 t 次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2$ ，其中 $t \geq 1$ ；

更新迭代单元，用于当第 t 次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 > \varepsilon$ 时，对低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i 进行更新迭代，直到 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \varepsilon$ ；其中， ε 为最大允许相对分解误差， $\varepsilon = \min_{L_i, S_i} \|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2$ ，s.t. $\text{rank}(L_i) \leq r$, $\text{card}(S_i) \leq k$, $\|\cdot\|_F$ 是矩阵的F范数； S_{it} 为第 t 次迭代得到的稀疏矩阵， L_{it} 为第 t 次迭代得到的低秩矩阵；异常检测图像标定单元，用于标定 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \varepsilon$ 时 S_{it} 对应的图像为异常检测图像。

10. 根据权利要求9所述的瓶装液体异物检测系统，其特征在于，所述更新迭代单元对所述低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i 进行更新迭代，具体为：

构造奇异值下降快的低秩矩阵 \tilde{L}_{it} ： $\tilde{L}_{it} = [(X_i - S_{it-1})(X_i - S_{it-1})^T]^{1/(2q+1)}(X_i - S_{it-1})$ ；

利用随机矩阵 $A_1 \in \Re^{x \times r}$ 和 $A_2 \in \Re^{y \times r}$ 对 \tilde{L}_{it} 进行投影得到 Y_1 与 Y_2 ： $Y_1 = \tilde{L}_{it} A_1$, $A_2 = Y_1$, $Y_2 = \tilde{L}_{it}^T Y_1$ ；其中， $\Re^{x \times r}$ 和 $\Re^{y \times r}$ 为实数集， x =二维矩阵 X_i 的列数， y =二维矩阵 X_i 的行数；

对矩阵 Y_1 与 Y_2 进行QR分解： $Y_1 = Q_1 R_1$, $Y_2 = Q_2 R_2$ ；

对低秩矩阵 \tilde{L}_{it} 进行秩为 r 的估计，得到低秩矩阵 L_{it} ：

$L_{it} = (\tilde{L}_{it})^{\frac{1}{2q+1}} = Q_1 [R_1 (A_2^T Y_1)^{-1} R_2^T]^{\frac{1}{2q+1}} Q_2^T$ ；其中， q 为非负整数，由用户预先设定；

利用 L_{it} 对 S_{it} 进行更新： $S_{it} = P_{\Omega}(X_i - L_{it})$ 。 $P_{\Omega}(\cdot)$ 是指将矩阵投影到集合 Ω 上， Ω 是 $|X - L_{it}|$ 前k个最大元素组成集合的非空子集， $k \geq 1$ 。

一种瓶装液体异物检测方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理技术领域，具体涉及一种瓶装液体异物检测方法及系统。

背景技术

[0002] 近年来，为了满足广大消费者的巨大需求，啤酒、注射液及饮料等瓶装液体产品生产行业平稳而快速发展。只有采用新科技才能够提高产品质量，降低生产成本，提高企业的竞争力。随着生产的现代化，产品的生产和包装设备的自动化程度越来越高。目前，瓶装液体生产厂家均采用机械设备对产品进行灌装、自动封口，这种生产方式虽然效率高，但是存一定的弊端，自动封装过程中瓶口的材料以及灌装容器的沉淀等可能会落入瓶中污染液体。这些液体中包含的异物会极大地影响产品质量，同时也会带来安全问题。因此，生产厂家需要采取一定的检测手段对已经封口的瓶装液体进行检测，将包含异物的不合格产品找到并剔除。此外，在实际生产过程中，为了节约成本，实现绿色生产，会对旧瓶进行回收利用，这时瓶身上的划痕与瑕疵就会对检测带来干扰，增加检测难度。

[0003] 目前，传统的瓶装液体异物检测方法为人工灯检法。人工灯检法是指人工将封装好的瓶装液体成品从生产线上取下，通过轻微的晃动或倒置，将其对准一定的特殊光源，观察其中是否含有悬浮的异物，并将含有异物的不合格产品从生产线上剔除。但是，长期工作会产生视觉疲劳，检测精度会降低，并且，人工灯检法速度慢，因此，传统的人工灯检法并不适用于现代化大型生产。

[0004] 近年来，随着图像处理技术的发展，基于图像处理的瓶装液体异物检测方法利用成像技术对生产线上的瓶装液体成像，并将采集到的图像利用图像技术处理，找到含有异物的产品将其自动剔除。基于图像处理的方法在检测效果、检测成本等方面有着明显的优势。而基于图像处理的检测方法主要分为基于单帧图像的方法、基于视频序列图像的方法。基于单帧图像的检测法在静态的情况下完成图像的采集，进而利用图像处理算法实现产品的检测，该方法的操作难度较小，但对算法要求高，且不能克服瓶身上的划痕与瑕疵。基于视频序列图像的方法将待检测产品进入高速旋转的状态后急停，然后连续拍摄，获取多序列图像，然后对序列图像进行检测实现产品的检测，该种方法检测效果虽好，但是对机械设备的要求很高，检测系统比较昂贵。

发明内容

[0005] 有鉴于此，本发明的目的在于克服现有技术的不足，提供一种瓶装液体异物检测方法及系统，以解决现有技术中无法克服瓶身上的划痕与瑕疵，导致瓶装液体异物检测精度低的问题。

[0006] 为实现以上目的，本发明采用如下技术方案：

[0007] 一种瓶装液体异物检测方法，在生产线的不同位置分别设置第一图像采集装置和第二图像采集装置后，执行以下步骤：

[0008] 步骤S1、分别读取第一图像采集装置和第二图像采集装置拍摄的第一彩色图像和

第二彩色图像，并将所述第一彩色图像和第二彩色图像分别转换为第一灰度图像和第二灰度图像；其中，所述第一彩色图像和第二彩色图像为生产线上同一倒置瓶装液体在不同时刻的彩色图像；

- [0009] 步骤S2、分别对所述第一灰度图像和第二灰度图像进行有效检测区域的标定；
- [0010] 步骤S3、分别对第一灰度图像中的有效检测区域和第二灰度图像中的有效检测区域进行稀疏表征，得到第一异常检测图像和第二异常检测图像；
- [0011] 步骤S4、分别对所述第一异常检测图像和第二异常检测图像进行二值化，得到二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像；
- [0012] 步骤S5、分别对二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中的不同连通域进行标记；
- [0013] 步骤S6、删除二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中重合的连通域所对应的图像，判定剩余的连通域为瓶装液体异物。
- [0014] 优选地，所述步骤S2包括：
- [0015] 步骤S21、将灰度图像 H_i 按列等分为两个子灰度图像 H_{i1} 和 H_{i2} ，其中， $i=1, 2$ ， $i=1$ 时， H_1 为第一灰度图像； $i=2$ 时， H_2 为第二灰度图像；
- [0016] 步骤S22、根据公式 $S_{i1}(l) = \sum_{m=0}^{n/2-1} I(m, l)$ 计算子灰度图像 H_{i1} 的每列像素灰度值 $S_{i1}(l)$ ，根据公式 $S_{i2}(l) = \sum_{m=n/2}^{n-1} I(m, l)$ 计算 H_{i2} 的每列像素灰度值 $S_{i2}(l)$ ；
- [0017] 其中， m 为灰度图像 H_i 像素的总行数， $m \geq 1$ ，为正整数； n 为灰度图像 H_i 像素的总列数， $n \geq 2$ ，为正整数； $I(m, 1)$ 为第 m 行第1列像素的灰度值；
- [0018] 步骤S23、求 $S_{i1}(l)$ 的最小值 $\min S_{i1}(l)$ 和 $S_{i2}(l)$ 的最小值 $\min S_{i2}(l)$ ，并将 $\min S_{i1}(l)$ 所在的列和 $\min S_{i2}(l)$ 所在的列之间的区域标定为有效检测区域。
- [0019] 优选地，所述步骤S3包括：
- [0020] 步骤S31、将有效检测区域所对应的灰度图像 H_i 转换为二维矩阵 X_i ；
- [0021] 步骤S32、将二维矩阵 X_i 近似分解为低秩矩阵 L_i 与稀疏矩阵 S_i 之和： $X_i \sim L_i + S_i$ ， $\text{rank}(L_i) \leq r$ ， $\text{rank}(S_i) \leq k$ ；其中， $\text{rank}(L_i)$ 为低秩矩阵 L_i 的秩， r 为 $\text{rank}(L_i)$ 的最大值； $\text{card}(S_i)$ 为稀疏矩阵 S_i 的非零元素的个数， k 为 $\text{card}(S_i)$ 的最大值；
- [0022] 步骤S33、将二维矩阵 X_i 赋值给 L_i ，将零矩阵赋值给 S_i ，以初始化低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i ；
- [0023] 步骤S34、计算第 t 次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2$ ，其中 $t \geq 1$ ；
- [0024] 步骤S35、当第 t 次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 > \varepsilon$ 时，对低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i 进行更新迭代，直到 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \varepsilon$ ；其中， ε 为最大允许相对分解误差， $\varepsilon = \min_{L_i, S_i} \|X_i - L_i - S_i\|_F^2 / \|X\|_F^2$ ， $s.t. \text{rank}(L_i) \leq r, \text{card}(S_i) \leq k$ ， $\|\cdot\|_F$ 是矩阵的F范数； S_{it} 为第 t 次迭代得到的稀疏矩阵， L_{it} 为第 t 次迭代得到的低秩矩阵；
- [0025] 步骤S36、标定 $\|X - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \varepsilon$ 时 S_{it} 对应的图像为异常检测图像。
- [0026] 优选地，所述步骤S35中，对所述低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i 进行更新迭代，具体为：

[0027] 步骤 S 3 5 1 、构造奇异值下降快的低秩矩阵 \tilde{L}_{it} :

$$\tilde{L}_{it} = [(X_i - S_{it-1})(X_i - S_{it-1})^T]^q (X_i - S_{it-1});$$

[0028] 步骤 S 3 5 2 、利用随机矩阵 $A_1 \in \Re^{x^y}$ 和 $A_2 \in \Re^{y^x}$ 对 \tilde{L}_{it} 进行投影得到 Y_1 与 Y_2 :

$Y_1 = \tilde{L}_{it} A_1$, $A_2 = Y_1$, $Y_2 = \tilde{L}_{it}^T Y_1$; 其中, \Re^{x^y} 和 \Re^{y^x} 为实数集, x =二维矩阵 X_i 的列数, y =二维矩阵 X_i 的行数;

[0029] 步骤 S 3 5 3 、对矩阵 Y_1 与 Y_2 进行 QR 分解: $Y_1 = Q_1 R_1$, $Y_2 = Q_2 R_2$;

[0030] 步骤 S 3 5 4 、对低秩矩阵 \tilde{L}_{it} 进行秩为 r 的估计, 得到低秩矩阵 L_{it} :

$$L_{it} = (\tilde{L}_{it})^{\frac{1}{2q+1}} = Q_1 [R_1 (A_2^T Y_1)^{-1} R_2^T]^{\frac{1}{2q+1}} Q_2^T; \text{其中, } q \text{ 为非负整数, 由用户预先设定;}$$

[0031] 步骤 S 3 5 5 、利用 L_{it} 对 S_{it} 进行更新: $S_{it} = P_\Omega(X_i - L_{it})$ 。 $P_\Omega(\cdot)$ 是指将矩阵投影到集合 Ω 上, Ω 是 $|X - L_{it}|$ 前 k 个最大元素组成集合的非空子集, $k \geq 1$ 。

[0032] 优选地, 所述步骤 S 4 具体为:

[0033] 利用固定阈值分割法, 分别对所述第一异常检测图像和第二异常检测图像进行二值化, 得到二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像。

[0034] 优选地, 所述步骤 S 5 具体为:

[0035] 分别对二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中的不同连通域进行标记, 用不同的数值作为每个连通域的标记值;

[0036] 根据不同的标记值依次找到二值化的第一异常检测图像中连通域所在的位置, 并判断二值化的第二异常检测图像相应位置是否也存在连通域, 若是, 则将所述连通域所在区域标记值赋值为 0, 去除所述连通域。

[0037] 一种瓶装液体异物检测系统, 包括设置在生产线的不同位置的第一图像采集装置和第二图像采集装置, 还包括:

[0038] 图像读取单元, 用于分别读取第一图像采集装置和第二图像采集装置拍摄的第一彩色图像和第二彩色图像, 并将所述第一彩色图像和第二彩色图像分别转换为第一灰度图像和第二灰度图像; 其中, 所述第一彩色图像和第二彩色图像为生产线上同一倒置瓶装液体在不同时刻的彩色图像;

[0039] 检测区域标定单元, 用于分别对所述第一灰度图像和第二灰度图像进行有效检测区域的标定;

[0040] 稀疏表征单元, 用于分别对第一灰度图像中的有效检测区域和第二灰度图像中的有效检测区域进行稀疏表征, 得到第一异常检测图像和第二异常检测图像;

[0041] 二值化单元, 用于分别对所述第一异常检测图像和第二异常检测图像进行二值化, 得到二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像;

[0042] 连通域标记单元, 用于分别对二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中的不同连通域进行标记;

[0043] 判定单元, 用于删除二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中重合的连通域所对应的图像, 判定剩余的连通域为瓶装液体异物。

[0044] 优选地, 所述检测区域标定单元包括:

[0045] 等分单元, 用于将灰度图像 H_i 按列等分为两个子灰度图像 H_{i1} 和 H_{i2} , 其中, $i = 1, 2, \dots$

=1时,H₁为第一灰度图像;i=2时,H₂为第二灰度图像;

[0046] 第一计算单元,用于根据公式 $S_{i1}(l)=\sum_{n=0}^{n-1} I(m, l)$ 计算子灰度图像H_{i1}的每列像素灰度值S_{i1}(1),根据公式 $S_{i2}(l)=\sum_{n=n}^{n-1} I(m, l)$ 计算H_{i2}的每列像素灰度值S_{i2}(1);

[0047] 其中,m为灰度图像H_i像素的总行数,m≥1,为正整数;n为灰度图像H_i像素的总列数,n≥2,为正整数;I(m, l)为第m行第l列像素的灰度值;

[0048] 第二计算单元,用于求S_{i1}(1)的最小值minS_{i1}(1)和S_{i2}(1)的最小值minS_{i2}(1),并将minS_{i1}(1)所在的列和minS_{i2}(1)所在的列之间的区域标定为有效检测区域。

[0049] 优选地,所述稀疏表征单元包括:

[0050] 转换单元,用于将有效检测区域所对应的灰度图像H_i转换为二维矩阵X_i;

[0051] 分解单元,用于将二维矩阵X_i近似分解为低秩矩阵L_i与稀疏矩阵S_i之和:X_i~L_i+S_i,rank(L_i)≤r,rank(S_i)≤k;其中,rank(L_i)为低秩矩阵L_i的秩,r为rank(L_i)的最大值;card(S_i)为稀疏矩阵S_i的非零元素的个数,k为card(S_i)的最大值;

[0052] 赋值单元,用于将二维矩阵X_i赋值给L_i,将零矩阵赋值给S_i,以初始化低秩矩阵L_i和稀疏矩阵S_i;

[0053] 第三计算单元,用于计算第t次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2$,其中t≥1;

[0054] 更新迭代单元,用于当第t次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 > \varepsilon$ 时,对低秩矩阵L_i和稀疏矩阵S_i进行更新迭代,直到 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \varepsilon$;其中,ε为最大允许相对分解误差, $\varepsilon = \min_{L_i, S_i} \|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2$, s.t.rank(L_i)≤r,card(S_i)≤k,||·||_F是矩阵的F范数;S_{it}为第t次迭代得到的稀疏矩阵,L_{it}为第t次迭代得到的低秩矩阵;

[0055] 异常检测图像标定单元,用于标定 $\|X - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \varepsilon$ 时S_{it}对应的图像为异常检测图像。

[0056] 优选地,所述更新迭代单元对所述低秩矩阵L_i和稀疏矩阵S_i进行更新迭代,具体为:

[0057] 构造奇异值下降快的低秩矩阵 \tilde{L}_{it} : $\tilde{L}_{it} = [(X_i - S_{it-1})(X_i - S_{it-1})^T]^{\frac{1}{2}}(X_i - S_{it-1})$;

[0058] 利用随机矩阵A₁∈R^{x*y}和A₂∈R^{y*x}对 \tilde{L}_{it} 进行投影得到Y₁与Y₂: Y₁= $\tilde{L}_{it}A_1$, A₂=Y₁, Y₂= $\tilde{L}_{it}^TY_1$;其中,R^{x*y}和R^{y*x}为实数集,x=二维矩阵X_i的列数,y=二维矩阵X_i的行数;

[0059] 对矩阵Y₁与Y₂进行QR分解:Y₁=Q₁R₁,Y₂=Q₂R₂;

[0060] 对低秩矩阵 \tilde{L}_{it} 进行秩为r的估计,得到低秩矩阵L_{it}:

$L_{it} = (\tilde{L}_{it})^{\frac{1}{2q+1}} = Q_1 [R_1 (A_2^T Y_1)^{-1} R_2^T]^{\frac{1}{2q+1}} Q_2^T$;其中,q为非负整数,由用户预先设定;

[0061] 利用L_{it}对S_{it}进行更新:S_{it}=P_Ω(X_i-L_{it}).P_Ω(·)是指将矩阵投影到集合Ω上,Ω是|X-L_{it}|前k个最大元素组成集合的非空子集,k≥1。

[0062] 本发明采用以上技术方案,至少具备以下有益效果:

[0063] 由上述技术方案可知,本发明一实施例提供的一种瓶装液体异物检测方法及系统,在进入生产线前将瓶装液体进行倒置,在生产线上两个不同位置放置两台图像采集装置(例如摄像机)对相同区域进行成像,将采集到的序列图像(生产线上同一倒置瓶装液体在不同时刻的彩色图像)进行处理:

[0064] 首先,利用图像中的灰度特性进行有效检测区域的标定:将采集到的图像进行灰度化及去噪处理,有效检测区域的边界处灰度值局部最小,利用这一特性进行有效检测区域的标定,消除边界区域对检测结果带来的干扰,能够减少计算时间。

[0065] 其次,基于稀疏表征的方法对图像中的异物进行检测。稀疏表征的方法将图像分为低秩部分和稀疏部分,稀疏部分是含有异常的部分。基于稀疏表征的方法用于瓶装液体异物检测能适应于复杂的背景,能将异常从复杂的背景完整的检测出来,抗噪性能好,更加利于实际生产中复杂、干扰大的环境。本发明采用的基于稀疏表征的序列图像瓶装液体异物检测检测精度高,抗噪性好,且对设备要求不高,降低了检测系统的成本,为生产线上瓶装液体异物检测自动化的实现提供了技术支持。

[0066] 再者,本发明只对倒置后的瓶装液体采集两个不同时刻的彩色图像,基于序列图像消除了瓶身上划痕与瑕疵所带来的干扰,且解决了实际生产中回收利用的废瓶中异物检测困难的问题,且降低了对设备的要求。

附图说明

[0067] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0068] 图1为本发明一实施例提供的一种瓶装液体异物检测方法的流程示意图;

[0069] 图2A~图2B分别为本发明一实施例提供的第一异常检测图像和第二异常检测图像;

[0070] 图3为本发明一实施例提供的消除瓶身上的划痕与瑕疵干扰,输出的瓶装液体异物检测结果;

[0071] 图4为本发明一实施例提供的一种瓶装液体异物检测系统的示意框图。

具体实施方式

[0072] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将对本发明的技术方案进行详细的描述。显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所得到的所有其它实施方式,都属于本发明所保护的范围。

[0073] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

[0074] 参见图1,本发明一实施例提供的一种瓶装液体异物检测方法,在生产线上两个不同位置分别设置第一图像采集装置和第二图像采集装置后,执行以下步骤:

[0075] 步骤S1、分别读取第一图像采集装置和第二图像采集装置拍摄的第一彩色图像和第二彩色图像,并将所述第一彩色图像和第二彩色图像分别转换为第一灰度图像和第二灰

度图像；其中，所述第一彩色图像和第二彩色图像为生产线上同一倒置瓶装液体在不同时刻的彩色图像；

[0076] 步骤S2、分别对所述第一灰度图像和第二灰度图像进行有效检测区域的标定；

[0077] 参见图2A~图2B，步骤S3、分别对第一灰度图像中的有效检测区域和第二灰度图像中的有效检测区域进行稀疏表征，得到第一异常检测图像和第二异常检测图像；

[0078] 步骤S4、分别对所述第一异常检测图像和第二异常检测图像进行二值化，得到二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像；

[0079] 步骤S5、分别对二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中的不同连通域进行标记；

[0080] 参见图3，步骤S6、删除二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中重合的连通域所对应的图像，判定剩余的连通域为瓶装液体异物。

[0081] 由上述技术方案可知，本发明一实施例提供的一种瓶装液体异物检测方法，在进入生产线前将瓶装液体进行倒置，在生产线上两个不同位置放置两台图像采集装置（例如摄像机）对相同区域进行成像，将采集到的序列图像（生产线上同一倒置瓶装液体在不同时刻的彩色图像）进行处理：

[0082] 首先，利用图像中的灰度特性进行有效检测区域的标定：将采集到的图像进行灰度化及去噪处理，有效检测区域的边界处灰度值局部最小，利用这一特性进行有效检测区域的标定，消除边界区域对检测结果带来的干扰，能够减少计算时间。

[0083] 其次，基于稀疏表征的方法对图像中的异物进行检测。稀疏表征的方法将图像分为低秩部分和稀疏部分，稀疏部分是含有异常的部分。基于稀疏表征的方法用于瓶装液体异物检测能适应于复杂的背景，能将异常从复杂的背景完整的检测出来，抗噪性能好，更加利于实际生产中复杂、干扰大的环境。本发明采用的基于稀疏表征的序列图像瓶装液体异物检测精度高，抗噪性好，且对设备要求不高，降低了检测系统的成本，为生产线上瓶装液体异物检测自动化的实现提供了技术支持。

[0084] 再者，本发明只对倒置后的瓶装液体采集两个不同时刻的彩色图像，基于序列图像消除了瓶身上划痕与瑕疵所带来的干扰，且解决了实际生产中回收利用的废瓶中异物检测困难的问题，且降低了对设备的要求。

[0085] 在具体实践中，利用本发明提供的这种瓶装液体异物检测方法对生产线上的一瓶瓶身带有划痕的啤酒为实验对象进行异物检测，图2A~图2B为利用稀疏表征方法得到的同一瓶装液体在不同时刻的第一异常检测图像和第二异常检测图像，可以看出稀疏表征方法可以完整检测出所有的异常（包含瓶身的异常），参见图3为消除瓶身上的划痕与瑕疵干扰，输出的瓶装液体异物检测结果。由实验经过可以看出，本发明提供的这种瓶装液体异物检测方法，能够准确检测出瓶装液体中真正含有的异物，检测精度高。

[0086] 优选地，所述步骤S2包括：

[0087] 步骤S21、将灰度图像 H_i 按列等分为两个子灰度图像 H_{i1} 和 H_{i2} ，其中， $i=1,2$ ， $i=1$ 时， H_1 为第一灰度图像； $i=2$ 时， H_2 为第二灰度图像；

[0088] 步骤S22、根据公式 $S_{i1}(l) = \sum_{m=0}^{n_2-1} I(m, l)$ 计算子灰度图像 H_{i1} 的每列像素灰度值 $S_{i1}(l)$ ，根据公式 $S_{i2}(l) = \sum_{m=n_2}^{n-1} I(m, l)$ 计算 H_{i2} 的每列像素灰度值 $S_{i2}(l)$ ；

[0089] 其中, m 为灰度图像 H_i 像素的总行数, $m \geq 1$, 为正整数; n 为灰度图像 H_i 像素的总列数, $n \geq 2$, 为正整数; $I(m, 1)$ 为第 m 行第 1 列像素的灰度值;

[0090] 步骤 S23、求 $S_{i1}(l)$ 的最小值 $\min S_{i1}(l)$ 和 $S_{i2}(l)$ 的最小值 $\min S_{i2}(l)$, 并将 $\min S_{i1}(l)$ 所在的列和 $\min S_{i2}(l)$ 所在的列之间的区域标定为有效检测区域。

[0091] 优选地, 所述步骤 S3 包括:

[0092] 步骤 S31、将有效检测区域所对应的灰度图像 H_i 转换为二维矩阵 X_i ;

[0093] 步骤 S32、将二维矩阵 X_i 近似分解为低秩矩阵 L_i 与稀疏矩阵 S_i 之和: $X_i \sim L_i + S_i$, $\text{rank}(L_i) \leq r$, $\text{rank}(S_i) \leq k$; 其中, $\text{rank}(L_i)$ 为低秩矩阵 L_i 的秩, r 为 $\text{rank}(L_i)$ 的最大值; $\text{card}(S_i)$ 为稀疏矩阵 S_i 的非零元素的个数, k 为 $\text{card}(S_i)$ 的最大值;

[0094] 步骤 S33、将二维矩阵 X_i 赋值给 L_i , 将零矩阵赋值给 S_i , 以初始化低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i ;

[0095] 步骤 S34、计算第 t 次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2$, 其中 $t \geq 1$;

[0096] 步骤 S35、当第 t 次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 > \epsilon$ 时, 对低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i 进行更新迭代, 直到 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \epsilon$; 其中, ϵ 为最大允许相对分解误差, $\epsilon = \min_{L_i, S_i} \|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2$, $s.t. \text{rank}(L_i) \leq r, \text{card}(S_i) \leq k$, $\|\cdot\|_F$ 是矩阵的 F 范数; S_{it} 为第 t 次迭代得到的稀疏矩阵, L_{it} 为第 t 次迭代得到的低秩矩阵;

[0097] 步骤 S36、标定 $\|X - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \epsilon$ 时 S_{it} 对应的图像为异常检测图像。

[0098] 优选地, 所述步骤 S35 中, 对所述低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i 进行更新迭代, 具体为:

[0099] 步 骤 S 3 5 1 、 构 造 奇 异 值 下 降 快 的 低 秩 矩 阵 \tilde{L}_i :

$$\tilde{L}_i = [(X_i - S_{i-1})(X_i - S_{i-1})^T]^q (X_i - S_{i-1});$$

[0100] 步 骤 S 3 5 2 、 利 用 随 机 矩 阵 $A_1 \in \Re^{x^r}$ 和 $A_2 \in \Re^{y^r}$ 对 \tilde{L}_i 进 行 投 影 得 到 Y_1 与 Y_2 :

$Y_1 = \tilde{L}_i A_1$, $A_2 = Y_1$, $Y_2 = \tilde{L}_i^T Y_1$; 其中, \Re^{x^r} 和 \Re^{y^r} 为 实 数 集, x = 二 维 矩 阵 X_i 的 列 数, y = 二 维 矩 阵 X_i 的 行 数;

[0101] 步 骤 S 3 5 3 、 对 矩 阵 Y_1 与 Y_2 进 行 QR 分 解: $Y_1 = Q_1 R_1$, $Y_2 = Q_2 R_2$;

[0102] 步 骤 S 3 5 4 、 对 低 秩 矩 阵 \tilde{L}_i 进 行 秩 为 r 的 估 计, 得 到 低 秩 矩 阵 L_{i+1} :

$$L_i = (\tilde{L}_i)^{\frac{1}{2q+1}} = Q_1 [R_1 (A_2^T Y_1)^{-1} R_2^T]^{\frac{1}{2q+1}} Q_2^T; \text{ 其 中, } q \text{ 为 非 负 整 数, 由 用户 预 先 设 定; }$$

[0103] 步 骤 S 3 5 5 、 利 用 L_{i+1} 对 S_{it} 进 行 更新: $S_{it} = P_\Omega(X_i - L_{i+1})$ 。 $P_\Omega(\cdot)$ 是 指 将 矩 阵 投 影 到 集 合 Ω 上, Ω 是 $|X - L_{i+1}|$ 前 k 个 最 大 元 素 组 成 集 合 的 非 空 子 集, $k \geq 1$ 。

[0104] 优 选 地, 所 述 步 骤 S 4 具 体 为:

[0105] 利 用 固 定 阈 值 分 割 法, 分 别 对 所 述 第 一 异 常 检 测 图 像 和 第 二 异 常 检 测 图 像 进 行 二 值 化, 得 到 二 值 化 的 第 一 异 常 检 测 图 像 和 第 二 异 常 检 测 图 像。

[0106] 优 选 地, 所 述 步 骤 S 5 具 体 为:

[0107] 分 别 对 二 值 化 的 第 一 异 常 检 测 图 像 和 二 值 化 的 第 二 异 常 检 测 图 像 中 的 不 同 连 通 域 进 行 标 记, 用 不 同 的 数 值 作 为 每 个 连 通 域 的 标 记 值;

[0108] 根据不同的标记值依次找到二值化的第一异常检测图像中连通域所在的位置，并判断二值化的第二异常检测图像相应位置是否也存在连通域，若是，则将所述连通域所在区域标记值赋值为0，去除所述连通域。

[0109] 参见图4，本发明还提出了一种瓶装液体异物检测系统100，包括设置在生产线的不同位置的第一图像采集装置101和第二图像采集装置102，还包括：

[0110] 图像读取单元103，用于分别读取第一图像采集装置和第二图像采集装置拍摄的第一彩色图像和第二彩色图像，并将所述第一彩色图像和第二彩色图像分别转换为第一灰度图像和第二灰度图像；其中，所述第一彩色图像和第二彩色图像为生产线上同一倒置瓶装液体在不同时刻的彩色图像；

[0111] 检测区域标定单元104，用于分别对所述第一灰度图像和第二灰度图像进行有效检测区域的标定；

[0112] 稀疏表征单元105，用于分别对第一灰度图像中的有效检测区域和第二灰度图像中的有效检测区域进行稀疏表征，得到第一异常检测图像和第二异常检测图像；

[0113] 二值化单元106，用于分别对所述第一异常检测图像和第二异常检测图像进行二值化，得到二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像；

[0114] 连通域标记单元107，用于分别对二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中的不同连通域进行标记；

[0115] 判定单元108，用于删除二值化的第一异常检测图像和二值化的第二异常检测图像中重合的连通域所对应的图像，判定剩余的连通域为瓶装液体异物。

[0116] 优选地，所述检测区域标定单元104包括：

[0117] 等分单元，用于将灰度图像 H_i 按列等分为两个子灰度图像 H_{i1} 和 H_{i2} ，其中， $i=1,2$ ， $i=1$ 时， H_1 为第一灰度图像； $i=2$ 时， H_2 为第二灰度图像；

[0118] 第一计算单元，用于根据公式 $S_{i1}(l) = \sum_{m=0}^{n/2-1} I(m, l)$ 计算子灰度图像 H_{i1} 的每列像素灰度值 $S_{i1}(l)$ ，根据公式 $S_{i2}(l) = \sum_{m=n/2}^{n-1} I(m, l)$ 计算 H_{i2} 的每列像素灰度值 $S_{i2}(l)$ ；

[0119] 其中， m 为灰度图像 H_i 像素的总行数， $m \geq 1$ ，为正整数； n 为灰度图像 H_i 像素的总列数， $n \geq 2$ ，为正整数； $I(m, l)$ 为第 m 行第 l 列像素的灰度值；

[0120] 第二计算单元，用于求 $S_{i1}(l)$ 的最小值 $\min S_{i1}(l)$ 和 $S_{i2}(l)$ 的最小值 $\min S_{i2}(l)$ ，并将 $\min S_{i1}(l)$ 所在的列和 $\min S_{i2}(l)$ 所在的列之间的区域标定为有效检测区域。

[0121] 优选地，所述稀疏表征单元105包括：

[0122] 转换单元，用于将有效检测区域所对应的灰度图像 H_i 转换为二维矩阵 X_i ；

[0123] 分解单元，用于将二维矩阵 X_i 近似分解为低秩矩阵 L_i 与稀疏矩阵 S_i 之和： $X_i \sim L_i + S_i$ ， $\text{rank}(L_i) \leq r$ ， $\text{rank}(S_i) \leq k$ ；其中， $\text{rank}(L_i)$ 为低秩矩阵 L_i 的秩， r 为 $\text{rank}(L_i)$ 的最大值； $\text{card}(S_i)$ 为稀疏矩阵 S_i 的非零元素的个数， k 为 $\text{card}(S_i)$ 的最大值；

[0124] 赋值单元，用于将二维矩阵 X_i 赋值给 L_i ，将零矩阵赋值给 S_i ，以初始化低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i ；

[0125] 第三计算单元，用于计算第 t 次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2$ ，其中 $t \geq 1$ ；

[0126] 更新迭代单元，用于当第 t 次相对分解误差 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 > \epsilon$ 时，对低秩矩阵

L_i 和稀疏矩阵 S_i 进行更新迭代，直到 $\|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \varepsilon$ ；其中， ε 为最大允许相对分解误差， $\varepsilon = \min_{L_i, S_i} \|X_i - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2$ ， $s.rank(L_i) \leq r, card(S_i) \leq k$ ， $\|\cdot\|_F$ 是矩阵的 F 范数； S_{it} 为第 t 次迭代得到的稀疏矩阵， L_{it} 为第 t 次迭代得到的低秩矩阵；

[0127] 异常检测图像标定单元，用于标定 $\|X - L_{it} - S_{it}\|_F^2 / \|X\|_F^2 \leq \varepsilon$ 时 S_{it} 对应的图像为异常检测图像。

[0128] 优选地，所述更新迭代单元对所述低秩矩阵 L_i 和稀疏矩阵 S_i 进行更新迭代，具体为：

[0129] 构造奇异值下降快的低秩矩阵 \tilde{L}_{it} ： $\tilde{L}_{it} = [(X_i - S_{it-1})(X_i - S_{it-1})^T]^q (X_i - S_{it-1})$ ；

[0130] 利用随机矩阵 $A_1 \in \Re^{*r}$ 和 $A_2 \in \Re^{*r}$ 对 \tilde{L}_{it} 进行投影得到 Y_1 与 Y_2 ：
 $Y_1 = \tilde{L}_{it} A_1$, $A_2 = Y_1$, $Y_2 = \tilde{L}_{it}^T Y_1$ ；其中， \Re^{*r} 和 \Re^{*r} 为实数集， x =二维矩阵 X_i 的列数， y =二维矩阵 X_i 的行数；

[0131] 对矩阵 Y_1 与 Y_2 进行 QR 分解： $Y_1 = Q_1 R_1$, $Y_2 = Q_2 R_2$ ；

[0132] 对低秩矩阵 \tilde{L}_{it} 进行秩为 r 的估计，得到低秩矩阵 L_{it} ：

$L_{it} = (\tilde{L}_{it})^{\frac{1}{2q+1}} = Q_1 [R_1 (A_2^T Y_1)^{-1} R_2^T]^{\frac{1}{2q+1}} Q_2^T$ ；其中， q 为非负整数，由用户预先设定；

[0133] 利用 L_{it} 对 S_{it} 进行更新： $S_{it} = P_\Omega(X_i - L_{it})$ 。 $P_\Omega(\cdot)$ 是指将矩阵投影到集合 Ω 上， Ω 是 $|X - L_{it}|$ 前 k 个最大元素组成集合的非空子集， $k \geq 1$ 。

[0134] 以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性。术语“多个”指两个或两个以上，除非另有明确的限定。

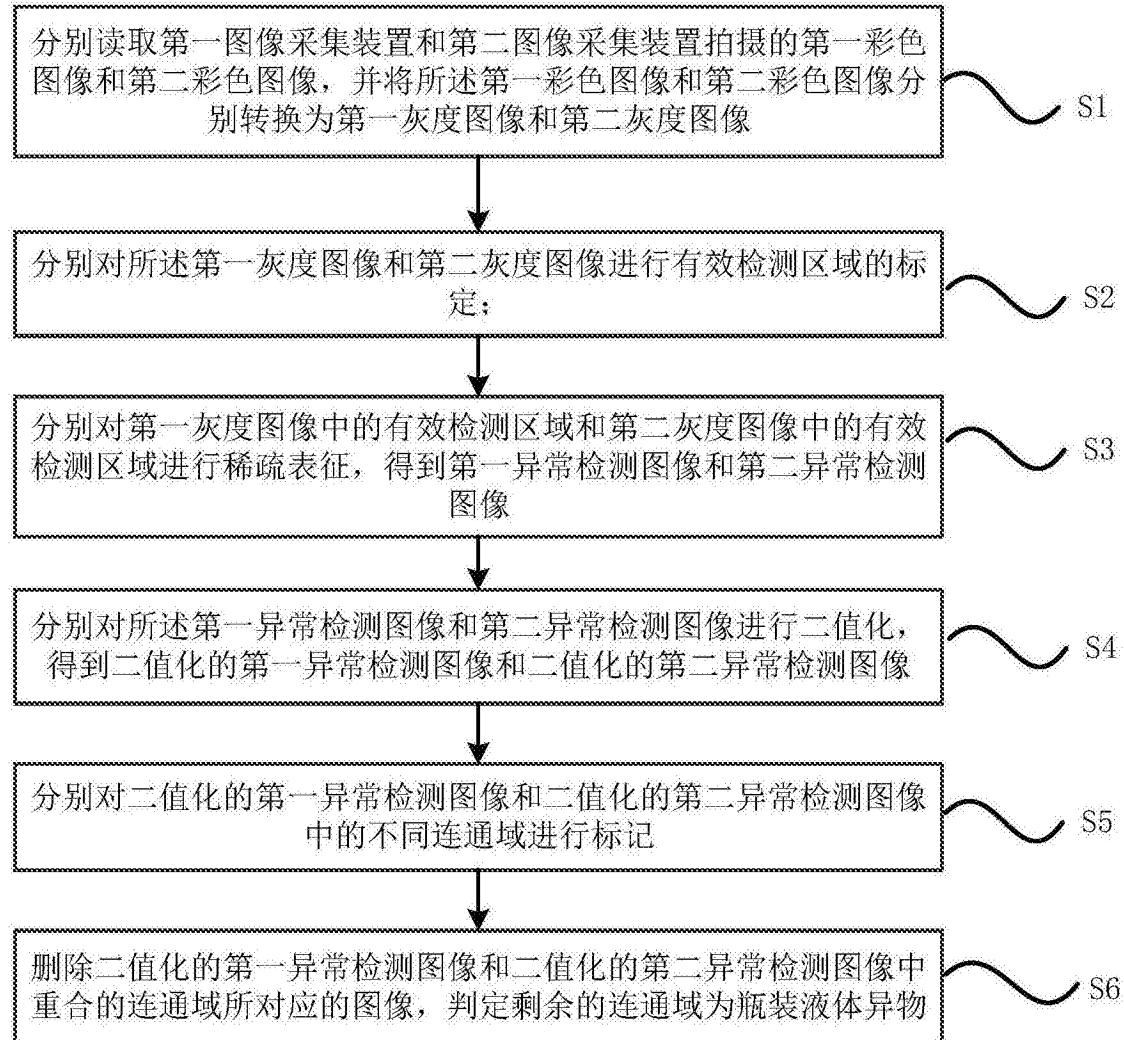


图1

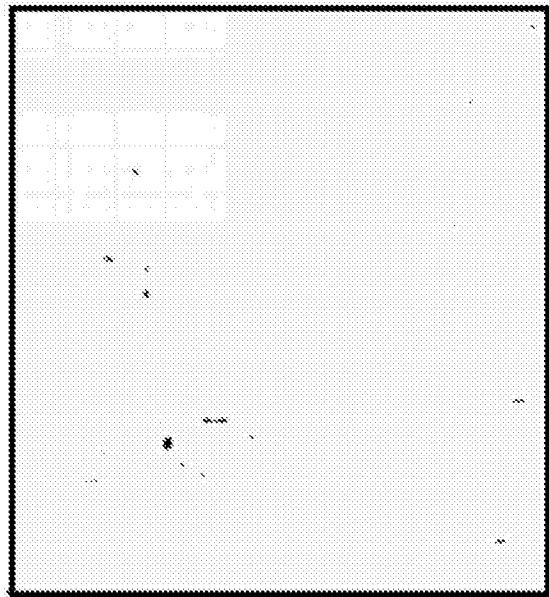


图2A

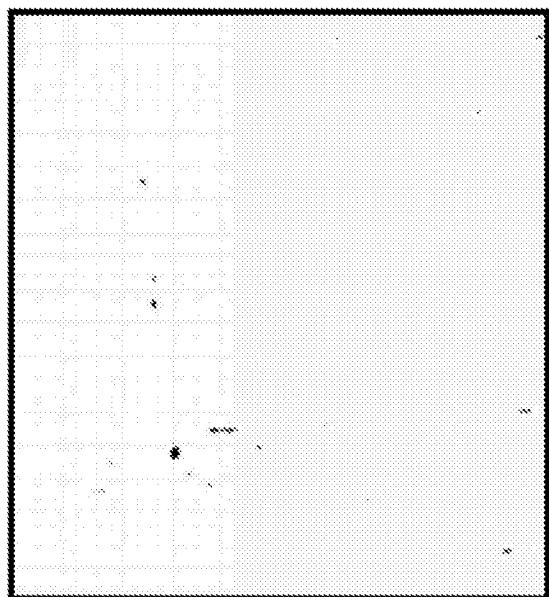


图2B

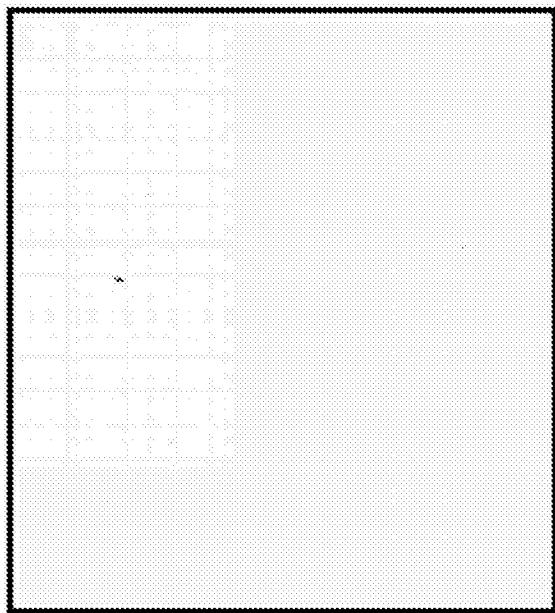


图3

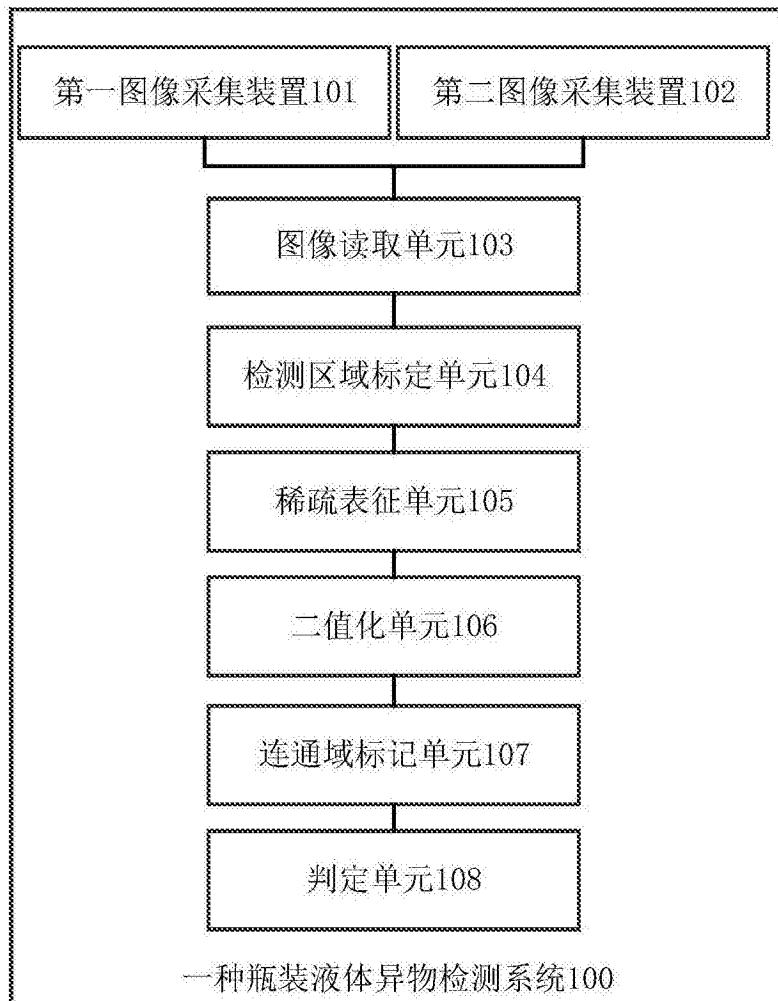


图4